

4.6.1 Střídavé napětí

Předpoklady: 4509

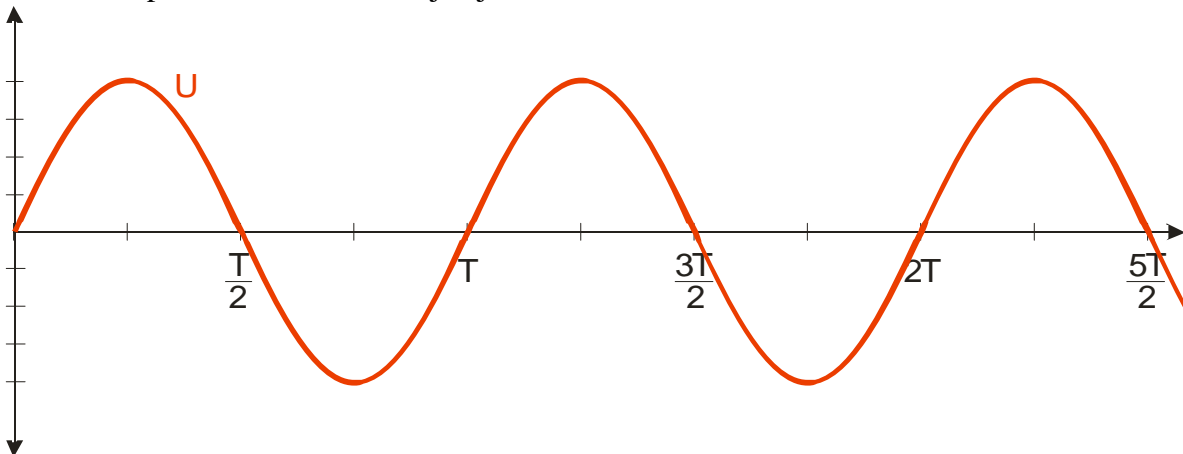
Pedagogická poznámka: Pokud vynecháte příklady 4, 5, 6, stihnete probrat tuto a následující hodinu za 45 minut a ušetříte jednu vyučovací hodinu.

Pedagogická poznámka: Studenti nemusí kreslit první dva grafy. Graf si do sešitu nakreslí při řešení příkladu 1.

Střídavé napětí se indukuje, když:

- cívka se otáčí v magnetickém poli,
- magnet se otáčí v blízkosti cívky.

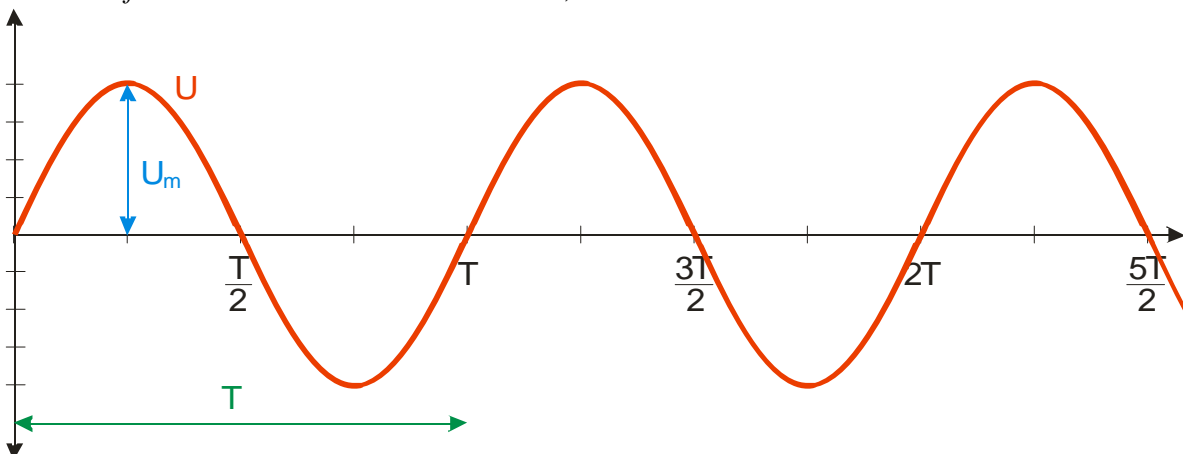
Střídavé napětí se v čase mění stejně jako funkce sinus:



Střídavého napětí je rozvedeno do zásuvek a je pro nás nejdůležitějším zdrojem elektrické energie.

Které hodnoty průběh střídavého napětí v síti charakterizují?

- $U_m = 325 \text{ V}$ - maximální hodnota napětí,
- $U_e = U = 230 \text{ V}$ - efektivní hodnota (používá se podstatně častěji, co přesně znamená si řekneme později),
- $f = 50 \text{ Hz}$ frekvence $\Rightarrow T = 0,02 \text{ s}$.



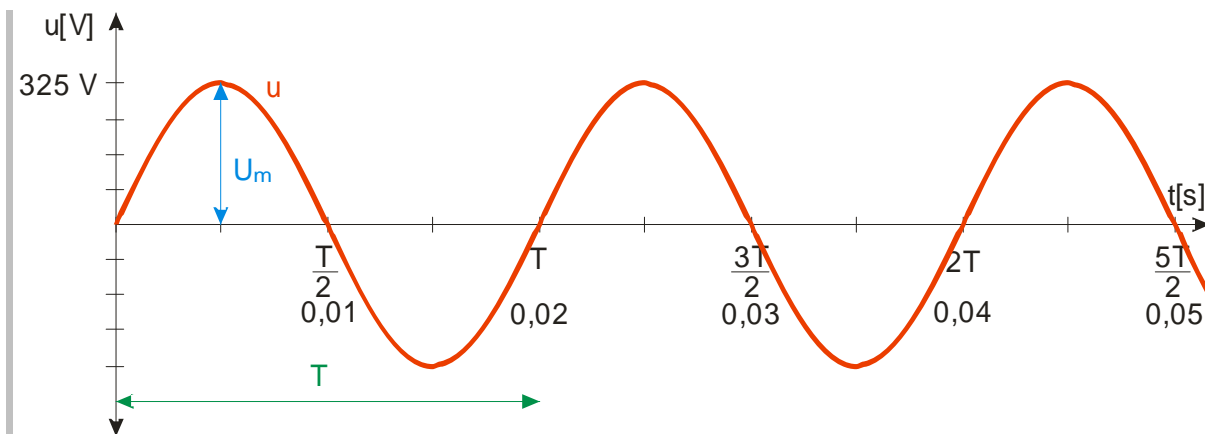
Hodnoty napětí i proudu se každou chvílí mění \Rightarrow rozlišujeme:

- malá písmena u nebo i znamenají okamžitou hodnotu,
- velká písmena jako U nebo I znamenají hodnoty, které se s časem nemění (maximální hodnoty nebo hodnoty efektivní).

⇒ Velké červené U na předchozích grafech mělo být malé u , protože graf zachycuje okamžitou hodnotu.

Okamžitá hodnota síťového napětí: $u = U_m \cdot \sin(\omega \cdot t)$ ($\omega = 2\pi f$, $f = 50\text{Hz}$).

Př. 1: Nakresli do sešitu graf závislosti síťového střídavého napětí na čase. Časovou osu popiš kromě násobků periody i v sekundách. Svislou osu popiš ve voltech.



Pedagogická poznámka: Zajímavý je počet žáků, kteří si popíší svislou osu velkým písmenem.

Př. 2: Napiš vztah pro okamžitou hodnotu proudu v závislosti na čase, pokud pro okamžité

hodnoty napětí a proudu platí vztah $i = \frac{u}{R}$.

Pokud je okamžitá hodnota proudu v každém okamžiku přímo úměrná okamžité hodnotě napětí, musí se proud stejně jako napětí v čase měnit jako funkci sinus ⇒

$$i = I_m \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

Pro hodnotu I_m zřejmě platí $I_m = \frac{U_m}{R}$.

Př. 3: Předpokládej, že v čase $t=0\text{s}$ je okamžitá hodnota střídavého napětí v zásuvce rovna 0 V. V jakých časech bude okamžitá hodnota napětí v zásuvce opět nulová? Kdy bude napětí dosahovat nejvyšší kladné hodnoty 325 V?

Napětí v zásuvce se mění s frekvencí 50 Hz, tedy s periodou 0,02 s ⇒ za 0,02 s napětí opíše jednu celou vlnovku. Nulové hodnoty napětí dosáhne vždy po polovině periody, tedy po 0,01 s.

Nulové napětí v zásuvce bude v časech: 0,00 s; 0,01 s; 0,02 s; 0,03 s;

Maximální kladné hodnoty dosáhne sinusoida po čtvrtině periody, tedy po 0,005 s od začátku. Na zopakování této hodnoty pak musíme čekat celou periodu 0,02 s.

Maximální kladná hodnota napětí bude v zásuvce v časech: 0,005 s; 0,025 s; 0,045 s;

Př. 4: Urči okamžitou hodnotu elektrického napětí v zásuvce v čase:

- a) $t=0,001\text{s}$, b) $t=0,019\text{s}$, c) $t=1,526\text{s}$.

Získané výsledky porovnej s grafem.

Ve všech případech stačí dosadit do vztahu pro okamžitou hodnotu napětí:

a) $t=0,001\text{ s}$

$$u = U_m \cdot \sin(\omega \cdot t) = 325 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0,001) \text{ V} = 100 \text{ V}$$

Tento čas odpovídá začátku periody \Rightarrow hodnota napětí by měla být kladná, blíže nule než 325 V.

b) $t=0,019\text{ s}$

$$u = U_m \cdot \sin(\omega \cdot t) = 325 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0,019) \text{ V} = -100 \text{ V}$$

Tento čas odpovídá okamžiku před koncem periody \Rightarrow hodnota napětí by měla být záporná, blíže nule než -325 V, stejná absolutní hodnota jako v bodě a).

c) $t=1,526\text{ s}$

$$u = U_m \cdot \sin(\omega \cdot t) = 325 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 1,526) \text{ V} = 309 \text{ V}$$

Perioda je 0,02 s \Rightarrow v čase $t=1,52\text{ s}$ začíná další perioda \Rightarrow z této periody uplyne do času $t=1,526\text{ s}$ pouze 0,006 s, tedy o něco více než čtvrtina periody \Rightarrow napětí bude kladné, blízké maximální hodnotě.

Pedagogická poznámka: Nechte studenty spočítat bod a) a pak je nechte, aby svůj výsledek porovnali s grafem. Většinu studentů na první pokus vyjde 1,78 V, což je samozřejmě příliš málo. Studenti si totiž neuvědomí, že úhel, který dosazují do sinu je uveden v radiánech a tudíž musí přepnout na kalkulačce mód z DEG na RAD.

Př. 5: Urči okamžik, ve kterém se okamžitá hodnota napětí v zásuvce rovná 230 V.

Dosadíme do vztahu $u = U_m \cdot \sin(\omega \cdot t)$.

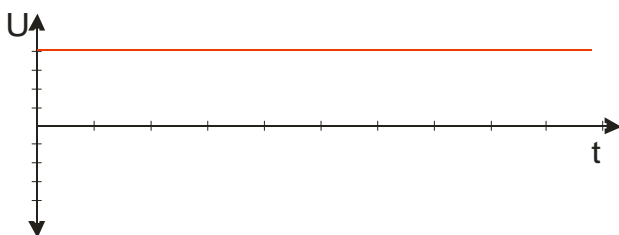
$$\sin(\omega \cdot t) = \frac{u}{U_m} = \frac{230}{325} \Rightarrow \omega \cdot t = 0,79 \text{ rad}$$

$$2 \cdot \pi \cdot f \cdot t = 0,79 \text{ rad} \Rightarrow t = \frac{0,79}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{0,79}{2 \cdot \pi \cdot 50} \text{ s} = 0,0025 \text{ s}$$

Tento okamžik není jediný. Hodnota 230 V se bude opakovat po uplynutí každé další periody (tedy vždy po 0,02 s) a pak také ještě v úvodní periodě v čase 0,0075 s.

Porovnání stejnosměrného a střídavého proudu

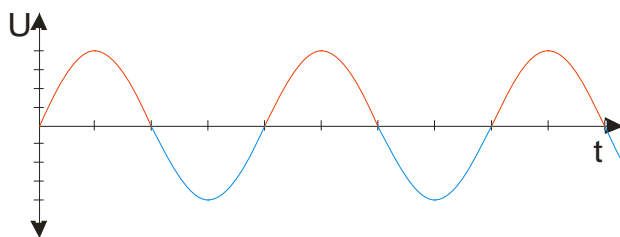
stejnosměrné napětí



Okamžitá hodnota napětí se stále stejná.

Polarita napětí se stále stejná \Rightarrow na elektrony působí elektrická síla stejným směrem \Rightarrow elektrony se pohybují stále stejným směrem.

střídavé napětí


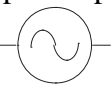


Okamžitá hodnota napětí se neustále mění (včetně polarity).

Polarita napětí se mění \Rightarrow na elektrony působí elektrická síla dvěma navzájem opačnými směry \Rightarrow elektrony se pohybují půl periody jedním směrem a druhou polovinu periody druhým směrem.



Protože zdroj střídavého napětí se podstatně liší od zdroje stejnosměrného napětí, má i jinou

značku:  nebo .

Střídavé napětí je proměnné napětí s harmonickým průběhem (průběh ve tvaru funkce sinus) \Rightarrow proměnné napětí s jiným časovým průběhem nepovažujeme za střídavé (i v případě, že mění svou polaritu).

Grafy střídavého napětí se velmi podobají grafům časové závislosti výchylky kyvadla na čase \Rightarrow střídavé napětí je příkladem harmonického elektrického kmitání.

Střídavé napětí nevzniká pouze v alternátorech (cívky, které se otáčejí v magnetickém poli), ale i ve speciálních obvodech (oscilátorech), které většinou vyrábějí střídavé napětí daleko vyšších frekvencí (až desítky GHz používané v satelitním vysílání).

Př. 6: Sestav vztah pro okamžitou hodnotu:

- a) střídavého napětí s amplitudou 15 V a frekvencí 50 Hz,
- b) střídavého napětí s amplitudou 0,1 V a frekvencí 98 MHz,
- c) stejnosměrného napětí 4,5 V.

Stačí dosadit do vztahu $u = U_m \cdot \sin(\omega \cdot t)$

a) $U_m = 15 \text{ V}$, $f = 50 \text{ Hz}$ \Rightarrow

$$u = U_m \cdot \sin(\omega \cdot t) = 15 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot t) \text{ V} = 15 \cdot \sin(100 \cdot \pi \cdot t) \text{ V}$$

b) $U_m = 0,1 \text{ V}$, $f = 98 \cdot 10^6 \text{ Hz}$ \Rightarrow

$$u = U_m \cdot \sin(\omega \cdot t) = 0,1 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot 98 \cdot 10^6 \cdot t) \text{ V} = 0,1 \cdot \sin(196 \cdot 10^6 \cdot \pi \cdot t) \text{ V}$$

c) $U_m = 4,5 \text{ V}$, $f = 0 \text{ Hz}$ \Rightarrow $u = 4,5 \text{ V}$

Shrnutí: Okamžitá hodnota střídavého napětí se v čase mění jako funkce sinus.